ROCZNIKI FILOZOFICZNE
Tom XXIII, zeszyt 3 — 1975

ZYGMUNT HAJDUK

FILOZOFICZNY I FIZYKALNY ASPEKT PRZYCZYNOWOŚCI W UJĘCIU DAWIDA BOHMA

Głównie w latach 1952-1962 Bohm opublikował szereg pozycji [1], w których poddał krytycznej analizie schemat pojęciowy oraz założenia kopenhaskiej interpretacji mechaniki kwantowej [2]. W pracach tych została jednocześnie przedstawiona tzw. przyczynowa interpretacja mechaniki kwantowej. Prace Bohma wywołały żywy oddźwięk, zwłaszcza w kręgu francuskich fizyków teoretyków. Pod ich wpływem L. de Broglie skorygował swoje stanowisko odnośnie do interpretacji mechaniki kwantowej, wycofując się z grona rzeczników kopenhaskiej interpretacji i nawiązując do swych prac z lat 1926-1927. Cały szereg innych autorów podaje również próby przyczynowych interpretacji mechaniki kwantowej, nawiązując do powyższej dyskusji pomiędzy szkołą kopenhaską a stanowiskiem reprezentowanym pierwotnie przez M. Plancka i A. Einsteina [3].

Przedmiotem artykułu nie będzie próba systematyzacji tego rodzaju alternatywnych interpretacji mechaniki kwantowej czy też krytyczna analiza interpretacji zaproponowanej przez Bohma. Te zagadnienia są w

---

[1] *A suggested interpretation of the quantum theory in terms of "hidden" veriables.* I, II. "Physical Review" 1952 Vol. 85 s. 166-179, 180-193; *Proof that Probability density approaches* $|\psi|^2$ *in causal Interpretation of the quantum Theory.* Tamże 1953 Vol. 89 s. 458-466; *Hidden variables in the quantum theory.* W: *Quantum Theory.* New York 1962 s. 345-387; [wraz z] J. P. Vigier. *Model of the causal Interpretation of quantum Theory in terms of a fluid with irregular fluctuations.* „Phys. Rev." 1954 Vol. 96 s. 208-216; [wraz z] R. Schiller, J. Tiomno. *A causal Interpretation of the Pauli equation.* "Supplemento il Nuovo Cimento" 1955 Vol. 1 s. 46-66; [wraz z] R. Schiller. *A causal Interpretation of the Pauli equation.* Tamże s. 67-92.

[2] Dyskusje na temat filozoficznych podstaw mechaniki kwantowej są zamieszczone w czasopiśmie „Dialektyka" 1948 Vol. 2 No 3/4. Por. również W. Heisenberg. *Fizyka a filozofia.* Tłum S. Amsterdamski. Warszawa 1965.

[3] H. Freistadt. *The causal formulation of quantum Mechanics (the Theory of de Broglie, Bohm, Takabaysi)* „Suppl. Nuovo Cim." 5 1957 s. 1-70; J. J. Sławianowski. *Przyczynowość w mechanice kwantowej.* Warszawa 1969; F. J. Belinfante. *A survey of hidden-variable Theories.* Oxford 1973.

zasadzie opracowane [4]. Podejmuje się natomiast próbę podania odpowiedzi na pytanie o związek, jaki zachodzi pomiędzy przyczynowością w ujęciu Bohma a innymi — tak filozoficznymi jak i fizykalnymi — ujęciami tego zagadnienia. Wyróżnienie określonych stanowisk jest dokonane ze względu na punkty styczne bądź różniące te koncepcje przyczynowości. W pracach Bohma nie spotykamy wprawdzie wyraźnego odwoływania się do takich czy innych koncepcji przyczynowości. Można jednak ukazać pewne pokrewieństwa i różnice z ujęciami przyczynowości, do których ten autor mniej lub bardziej świadomie nawiązuje. Analiza różnych ujęć przyczynowości jest dokonana na przykładzie ich reprezentatywnych przedstawicieli.

I. PRZYCZYNOWOŚĆ W UJĘCIU FILOZOFICZNYM

A. EMPIRYZM

Dla J. S. Milla zasada przyczynowości (zwana też zasadą jednostajnego biegu zdarzeń w przyrodzie) jest uogólnionym twierdzeniem empirycznym o strukturze przyrody. Głosi ona, że w przyrodzie zdarzenia są podobne. Zdarzenia w przyrodzie powtarzają się przy dostatecznym podobieństwie warunków [5]. W ten sposób sformułowana zasada przyczynowości jest wynikiem stopniowego uogólniania danych doświadczenia, stanowiących protokoły z przeprowadzonych obserwacji. Na tę zasadę składają się prawidłowości częściowe, o odpowiednio mniejszym stopniu ogólności [6]. Do ich sformułowania dochodzimy na drodze indukcji eliminacyjnej (rygorystycznej, naukowej [7]). Reguły (kanony) indukcji pozwalają spośród okoliczności towarzyszących wyodrębnić zdarzenie-przyczynę (rozumianą przez Milla jako poprzednik lub zespół poprzedników, po których dane zdarzenie następuje niezmiennie i bezwarunkowo [8]) poprzedzające zdarzenie-skutek.

Wszelkie prawidłowości, jakie występują w następstwie zdarzeń, są

[4] M. Bunge. *A survey of the Interpretations of Quantum Mechanics.* "American Journal of Physics" 1956 Vol. 24 s. 272-286; Z. Hajduk. *Współczesne interpretacje mechaniki kwantowej.* „Roczniki Filozoficzne" 13:1965 z. 3 s. 55-74; J. Plebański, J. Werle. *O interpretacjach mechaniki kwantowej.* „Myśl Filozoficzna" 1954 t. 2 s. 39-67; S. Szczeniowski. *Próba nowej interpretacji mechaniki kwantowej.* Tamże 1955 t. 5-6 s. 68-91; J. Bub. *Hidden variables and the copenhagen interpretation.* "British Journal for the Philosophy of Science" 1968 Vol. 19.

[5] J. S. Mill. *System logiki.* T. 1. Tłum. Cz. Znamierowski. Warszawa 1962 s. 476 n.

[6] Tamże t. 2 s. 135.

[7] Tamże.

[8] Tamże t. 1 s. 526.

prawami przyczynowymi bądź ich konsekwencjami [9]. Pojęcie przyczynowości urabiamy w oparciu o prawidłowości częściowe, które nasuwają myśl o prawidłowości ogólnej [10]. Stopień ogólności danego prawa pociąga za sobą stopień pewności. Największy stopień pewności posiadają więc prawa uniwersalne, do których zalicza się prawa arytmetyki, geometrii oraz prawo przyczynowości. Zgodnie z myślą Milla prawa te są bezwyjątkowe [11].

Inny aspekt prawa przyczynowości dotyczy funkcji, jaką pełni ono we wnioskowaniu indukcyjnym [12]. W sylogistycznej formie wnioskowania indukcyjnego prawo to pełni funkcję przesłanki większej [13].

Jeżeli Mill rozumie przez prawo przyczynowości pewne założenie o strukturze rzeczywistości materialnej, to Bohm rozumie przez nie pewne konieczne zależności, jakie zachodzą pomiędzy przedmiotami a zdarzeniami, warunkami i rzeczami [14]. Z jednej strony mamy więc prawo o najwyższym stopniu ogólności, prawo uniwersalne (formułowane na drodze indukcji prostej na tej podstawie, że nie są znane instancje przeciwne [51]), z drugiej zaś prawo, które nie jest uniwersalne ważne. Wprawdzie w oparciu o metodę indukcji eliminacyjnej daje się formułować szczegółowe prawa przyczynowe, jednak w praktyce naukowej kanony Milla należy dopełnić pewnymi dodatkowymi założeniami [16].

Również metoda dochodzenia do praw przyczynowych w ujęciu Bohma przedstawia się odmiennie. Otóż tym, co sugeruje prawa przyczynowe, jest regularna zależność od siebie zdarzeń, którą prowizorycznie uważamy za odzwierciedlenie związków przyczynowych. To przypuszczenie wyrażamy za pomocą hipotezy, pozwalającej wytłumaczyć te zależności, czyli podać dla nich przyczynę. Hipoteza służy do wyprowadzenia wniosków o zdarzeniach, które nie były dane w doświadczeniach nasuwających te hipotezę. Otrzymane wnioski poddajemy sprawdzeniu. Jeśli wynik doświadczalnego sprawdzania jest pozytywny, wtedy hipoteza jest przyjęta jako zasadniczo trafna. Zasięg stosowalności hipotezy dotyczy wtedy tych przypadków, które nie zostały jeszcze przebadane. Zweryfikowane hipotezy prowadzą zwykle do nowych doświadczeń, które mogą wskazać na nowe prawidłowości, postulujące czasem dokonanie rewizji dotychczas przyjmowanych hipotez [17].

---

[9] Tamże s. 585.

[10] Tamże t. 2 s. 135. [11] Tamże s. 140.

[12] Tamże t. 1 s. 505 n. [13] Tamże s. 480 n.

[14] *Causality and chance in modern Physics*. London 1958 s. 2 (tłum. pol. Warszawa 1961).

[15] Mill, jw. t. 2 s. 138.

[16] Por. T. Kotarbiński. *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk*. Warszawa 1961 s. 314-318.

[17] Bohm. *Causality* s. 4 n.

W przedstawionej za Bohmem metodzie dochodzenia do praw przyczynowych daje się wyróżnić kilka stadiów: 1° gromadzenie spostrzeżeń regularnych zależności zdarzeń; 2° postawienie hipotezy w formie — zazwyczaj — wzoru matematycznego; 3° zastąpienie wzoru przez wyrażenie równoważne, dające się eksperymentalnie sprawdzić; 4° wykonanie doświadczeń sprawdzających; 5° zdeterminowanie roli sprawdzonej hipotezy w teorii fizykalnej. Powyższe stadia zilustrujemy przykładem badań, które doprowadziły do odkrycia praw swobodnego spadania ciał. Na podstawie obserwacji gromadzono materiał odnoszący się do tego zjawiska. Postawiono hipotezę, że ruch ciała swobodnie spadającego jest jednostajnie przyspieszony, a więc bez prędkości początkowej prędkość chwilowa jest proporcjonalna do czasu spadania. Na drodze rozumowania wyprowadzono wniosek, że przebyte drogi mają się do siebie jak kwadraty odpowiednich czasów. Ten wniosek, równoważny wysuniętej hipotezie, został eksperymentalnie potwierdzony. Zweryfikowana hipoteza, stanowiąca obok zasad, praw i definicji integralny element teorii fizykalnej, może prowadzić do wniosków, których doświadczalne sprawdzenie wysunie potrzebę modyfikacji odnośnego fragmentu teorii fizykalnej. Struktury tej ostatniej nie można bowiem pojmować atomistycznie, tzn. nie można kwalifikować poszczególne zdania jako naukowe osobno i niezależnie od całej teorii, ale należy odrzucać je lub uznawać za naukowe w obrębie danej teorii i jako logicznie powiązane z wszystkimi zdaniami tej teorii [18].

Powyższe uwagi wskazują na to, że metoda formułowania praw przyczynowych w wersji Bohma znacznie odbiega od metod millowskich. Podobnie ma się rzecz ze szczegółowymi prawami przyczynowymi. Reguły Milla prowadzą do wykrycia stałego współwystępowania określonej pary zdarzeń [19], natomiast procedury opisane przez Bohma zmierzają do wykrycia określonego typu zależności między czynnikami zmiennymi, np. jaką funkcją czasu jest droga w ruchu jednostajnie przyspieszonym. Bohm akcentuje następnie heurystyczny walor nowo odkrytych praw. Zweryfikowana hipoteza łącznie z innymi elementami teorii jest narzędziem dalszego badania, prowadzącego niejednokrotnie do wykrycia nowych prawidłowości. U Milla jest eksponowany moment ogólności praw, ich hierarchiczne uporządkowanie w aspekcie ogólności [20]. Autor *Systemu logiki* nie analizuje takich przypadków, kiedy nowo odkryte prawa prowadzą do korektur znanych już praw [21].

[18] S. Kamiński. *Struktura nauk przyrodniczych.* Znak 12:1960 s. 772; B. Gawecki. *O hipotezach w fizyce.* „Rocz. Filoz." 6:1958 z. 3 s. 147-156.

[19] Jw. t. 1 s. 489. [20] Tamże s. 492 n.

[21] Korekturze podlegają uogólnienia otrzymane na drodze indukcji prostej (por. tamże s. 496, 498).

W dotychczasowych rozważaniach chodziło ciągle o prawa przyczynowe. Dla Milla zresztą wszelkie prawidłowości następstwa zjawisk [22] posiadają charakter przyczynowy [23]. Są mu wprawdzie znane najprostsze zależności statystyczne, które analizuje w oparciu o prace P. S. Laplace'a z zakresu teorii prawdopodobieństwa, jednak twierdzenia statystyczne nie są — jego zdaniem — celem badań naukowych. Stanowią natomiast pewne prowizorium, którym trzeba się zadowolić ze względu na brak wiedzy o bezwyjątkowym następstwie zdarzeń [24]. Dla Bohma zarówno prawa przyczynowe, jak i probabilistyczne są w nauce jednakowo uprawnione. Żaden typ praw nie posiada też charakteru ostatecznego, czyli nie stanowi podstawy, do której sprowadzamy odmienne typy prawidłowości.

Dotychczasowy tok wywodów wykazał, że wyróżnieni autorzy reprezentują odmienne stanowiska zarówno co do metody uogólniania zdań obserwacyjnych, jak również odnośnie do sposobu rozumienia samych uogólnień. Indukcja prosta jest metodą formułowania prawa przyczynowości, zwanego też przez Milla aksjomatem lub zasadą o strukturze rzeczywistości. Indukcja eliminacyjna jest naukową metodą formułowania praw przyczynowych bardziej szczegółowych. Termin „prawo" jest u Milla używany na określenie aksjomatu oraz prawa bardziej szczegółowego. Podobnej dwuznaczności nie spotykamy u Bohma, który nie posługuje się terminem „prawo" na oznaczenie zasady przyczynowości. Tego zwrotu językowego używa Bohm w następującym kontekście: fundamentem zasady przyczynowości jest inna zasada, będąca podsumowaniem olbrzymiej liczby doświadczeń, która wyraża tę cechę świata materialnego, że nic nie powstaje z niczego, ale zawsze istnieje coś poprzedzającego, podobnie też nic nie znika bez śladu, ponieważ przyczynia się do powstania czegoś istniejącego później [25].

Dalsze analizy, prowadzone celem uwyraźnienia i zakwalifikowania koncepcji przyczynowości Bohma, dotyczyć będą samego związku przyczynowego, którego krytyka, zainicjowana przez D. Hume'a, jest ciągle podejmowana przez metodologów o nastawieniu pozytywistycznym. Zalecają oni daleko idącą ostrożność w wykraczaniu poza opis faktów przy budowaniu nauk empirycznych [26].

Idea przyczynowości pochodzi, według Hume'a, z relacji między przedmiotami. W tej relacji wyróżnia on styczność przestrzenno-czasową przedmiotu-przyczyny z przedmiotem-skutkiem [27]. Styczność przestrzenna nie

[22] Obok prawidłowości następstwa wyróżnia Mill prawidłowości współistnienia, do których należą wszystkie własności rzeczy (por. tamże t. 2 s. 148, 151, 154).

[23] Tamże t. 1 s. 585. [24] Tamże t. 2 s. 170-191. [25] *Causality* s. 1.

[26] Kotarbiński, jw. s. 336.

[27] *Traktat o naturze ludzkiej*. Tłum. Cz. Znamierowski. Kraków 1951 s. 77.

musi być bezpośrednia, czyli pomiędzy przyczyną, którą jest przedmiot A, a skutkiem, którym jest przedmiot Z, może występować cała seria przyczyn. Ze związku przyczynowego Hume wyklucza działanie na odległość. Pierwszeństwo czasowe przyczyny przed skutkiem próbuje on uzasadnić doświadczalnie oraz dyskursywnie. Obydwie próby okazały się niezadowalające, stąd Hume wnosi, że styczność przestrzenno-czasowa jest mniej istotna dla związku przyczynowego. Bardziej istotna dla takiego związku jest cecha konieczności [28]. Do czasowego charakteru relacji przyczynowej nie przywiązuje większej wagi również Mill. Są takie wypadki, kiedy skutek następuje po przyczynie bez przedziału czasowego uchwytnego dla poznającego. Kiedy zaś przedział ten jest poznawczo uchwytny, wtedy trudno stwierdzić liczbę ogniw pośrednich między przyczyną a skutkiem. Bez względu na to, czy przyczyna i skutek następują kolejno czy też nie, powstanie pewnego zdarzenia postuluje określoną przyczynę. Jeśli te uwarunkowania są spełnione, wtedy nie jest rzeczą istotną, czy skutek jest dokładnie jednoczesny z przyczyną czy też wystąpi po ostatnim z warunków. Skutek w każdym razie nie poprzedza przyczyny i w razie trudności rozstrzygnięcia, które ze współistniejących zdarzeń jest przyczyną, a które skutkiem, wystarczy stwierdzić, które z nich było wcześniejsze [29].

Uprzedniość czasowa przyczyny względem skutku jest dla Bohma jednym z istotnych elementów związku przyczynowego. Oczywiście, przyczynę może stanowić cały szereg zdarzeń czy stanów pewnego układu; podobnie ma się rzecz ze skutkiem. Przyczyna zawsze poprzedza w czasie skutek i nie jest z nim równoczesna [30]. Bohm nie wyróżnia też mniej lub bardziej ważnych cech związków przyczynowych. Zarówno czasowe następstwo zdarzeń, jak i koniecznościowy charakter tego związku są istotne dla relacji przyczynowej [31].

Punktem wyjścia dyskusji związku koniecznego są dwa pytania. Hume stawia najpierw pytanie o rację twierdzenia głoszącego, że rzecz zaczynająca istnieć musi posiadać przyczynę. W pytaniu drugim chodzi o rację wniosku, według którego takie same skutki posiadają takie same przyczyny [32]. Odpowiedź na pierwsze pytanie nie jest pewna ani intuicyjnie, ani na mocy dowodu. Próby dowodzenia zasady sprawczej są, zdaniem

---

[28] Tamże s. 79.

[29] Mill, jw. t. 1 s. 532 n.

[30] D. Bohm. *Comments on an Article of Takabaysi concerning the formulation of quantum mechanics with classical pictures.* „Progress of Theoretical Physics" 9:1953 s. 284; tenże. Causality s. 5.

[31] Por. w tym względzie uwagi J. Łukasiewicza (*Analiza i konstrukcja pojęcia przyczyny.* W: *Z zagadnień logiki i filozofii.* Warszawa 1961 s. 9-63).

[32] Hume, jw. s. 80.

Hume'a, typowymi przykładami błędu petitionis principii. Nie są również skuteczne próby uprawomocnienia tej zasady na drodze doświadczenia [33]. To, co jest dane, streszcza się w stwierdzeniu stałego następstwa, nie zawiera jednak idei związku koniecznego [34]. Otrzymujemy więc alternatywę: idei takiej nie ma lub pochodzi one ze źródła subiektywnego [35]. Hume akceptuje drugi człon alternatywy [36]. Odwołuje się więc do asocjacji obserwacji stałej koniunkcji zdarzeń, w wyniku której wytwarza się pewien nawyk, skłonność umysłu, co tłumaczy faktyczne posługiwanie się pojęciem przyczynowości w życiu codziennym i w naukach przyrodniczych [37].

Moment działania i konieczności został z relacji przyczynowej wyeliminowany, jako że nie posiadają one odpowiednika w doświadczeniu. Przyczyna jest stałym antecedensem, skutek — stałym konsekwensem. Utożsamienie relacji przyczynowej z relacją stałego następstwa nasuwa pewne trudności. Dla ich uchylenia Mill wprowadza do określenia relacji przyczynowej pewien dodatkowy element w formie bezwarunkowości [38]. Poza tym Mill nie okazuje większej predylekcji do pojęcia konieczności i zasadniczo akceptuje stanowisko redukujące relację przyczynowości do niezmiennego następstwa zdarzeń [39].

Zanim skonfrontuje się koncepcje przyczynowości Hume'a i Milla z koncepcją Bohma ze względu na poznawalność relacji przyczynowych, należy zaznaczyć, że zarówno Mill, jak i Hume nie rozstrzygają kwestii dotyczącej związków przyczynowych zachodzących w dziedzinie przedmiotów. Należy stwierdzić, że nie negują ich zachodzenia w świecie realnym. Hume na przykład nie zaprzecza prawdziwości zdania, że ogień z konieczności wywołuje ciepło. Problem leży nie po stronie istnienia związków przyczynowych, ale po stronie ich poznania [40]. Wiedza o tych relacjach nie jest nam dana bezpośrednio w spostrzeżeniach, nie może też być wydedukowana ze znajomości rzeczy, a zatem nie mamy w ogóle możliwości poznania relacji przyczynowych. Problem przyczynowości analizowany przez Hume'a dotyczy więc epistemologicznej strony zagadnienia, wiąże się ze źródłem i treścią naszej wiedzy o związkach przyczynowych [41].

---

[33] Tamże s. 84.

[34] D. Hume. *Badania dotyczące rozumu ludzkiego*. Tłum. J. Łukasiewicz, K. Twardowski. Kraków 1947 s. 61 n.

[35] Tenże. *Traktat* s. 166. [36] *Badania* s. 61 n., 73.

[37] F. Copleston. *A History of Philosophy*. Vol. 5. Westminster 1959, s. 285.

[38] Jw. t. 1 s. 525 n.

[39] Tamże s. 506. Podobnej redukcji dokonują: K. Pearson, V. F. Lenzen, A. J. Ayer, H. Reichenbach.

[40] Hume. *Badania* s. 33-35.

[41] T. Czeżowski. *Jak powstało zagadnienie przyczynowości*. Wilno 1933 s. 64.

Bohm bardzo wyraźnie odcina się od stanowiska sprowadzającego związki przyczynowe do stałego następstwa zdarzeń, podaje również pewne kryteria dla takich związków.

Wyróżnia najpierw między relacjami prawidłowymi, jakie zachodzą pomiędzy zdarzeniami a relacjami przyczynowymi. Pierwsze są relacjami czasowego następstwa zdarzeń lub ich zbiorów. Przykładem tego typu prawidłowości jest obserwowane w niektórych krajach opadanie liści z drzew przed porą zimową. Mimo iż doświadczenie uczy o prawidłowości oraz mimo stałości tego zdarzenia nie można uważać opadania liści za przyczynę zimy. Obydwa te fakty są wynikiem procesu obniżania się temperatury, co najpierw prowadzi do opadania liści, a następnie do nadejścia zimy [42]. Stałe poprzedzanie w czasie jednego zdarzenia przez drugie nie określa w sposób adekwatny relacji przyczynowej, ponieważ pewne zdarzenie, które zawsze poprzedza inne, nie musi być przyczyną tego zdarzenia. Faktyczne przyczyny odróżniamy od stałych poprzedników nie będących przyczynami w ten sposób, że odtworzenie zdarzeń uważanych za przyczyny jest koniecznym i wystarczającym warunkiem odtworzenia zdarzeń uważanych za skutki [43]. Zdarzenie A jest koniecznym warunkiem zdarzenia B, jeśli zdarzenie B nie zachodzi, o ile nie zachodzi zdarzenie A. Zdarzenie A jest wystarczającym warunkiem zdarzenia B, jeśli zdarzenie B występuje tylekroć, ilekroć występuje zdarzenie A. Związki przyczynowe są więc określone za pomocą warunku koniecznego i dostatecznego [44].

Potwierdzenie przypuszczenia, że dany zbiór zdarzeń jest przyczyną innego zbioru zdarzeń, dokonuje się na drodze obserwacji lub eksperymentu. Należy wykazać, że wśród dużego zakresu zmian jednej lub kilku domniemanych przyczyn przy stałości innych czynników towarzyszących otrzymuje się zawsze odpowiednie zmiany w skutkach. Im więcej tego rodzaju zależności stwierdzimy przy zmianach dwóch zbiorów zdarzeń, tym bardziej usprawiedliwione jest twierdzenie, że zachodzi w tym wypadku związek przyczynowy. Przy odpowiednio dużej liczbie eksperymentów lub obserwacji przemawiających na rzecz hipotezy o zachodzeniu związku przyczynowego pomiędzy zbiorami zdarzeń, hipotezę taką można uważać za dostatecznie sprawdzoną [45].

Sposób, w jaki powyższe kryterium było realizowane w badaniach naukowych, ilustrują przykłady z historii nauki. Bohm powołuje się na znany fakt wykrycia relacji przyczynowej między malarią a ukłuciem komara widliszka (*Anopheles maculipennis*) [46].

---

[42] B o h m. *Causality* s. 5. [43] T e n ż e. *Comments* s. 284.

[44] Uwagi do takiego określenia pojęcia przyczyny por.: B. G a w e c k i. *Zagadnienie przyczynowości w fizyce*. Warszawa 1969 s. 123-126.

[45] B o h m. *Causality* s. 6. [46] Tamże s. 6 n.

Są jednak nauki przyrodnicze, w których nie eksperymentujemy. Stosujemy wtedy (np. w geologii) inne metody sprawdzania hipotez o związkach przyczynowych. Odpowiadając na przykład na pytanie, jakie są przyczyny ukośnego ułożenia pewnych warstw skorupy ziemskiej, stawiamy hipotezę, według której nawarstwianie dokonywało się w płaszczyźnie poziomej względem pionu, gdy dany obszar był dnem morza, po czym w wyniku ruchów skorupy ziemskiej warstwy te uległy pofałdowaniu. Tego rodzaju hipotezy nie daje się sprawdzić poprzez wykonanie odpowiednich eksperymentów. Omawiane bowiem procesy dokonały się w warunkach zupełnie odmiennych od dzisiejszych. Skala zjawisk jest tego typu, że nie można przeprowadzić eksperymentu weryfikującego. W takich wypadkach zwracamy uwagę na zasięg tłumaczonych przez tę hipotezę zjawisk oraz na możliwość trafnego przewidywania zdarzeń w oparciu o sprawdzaną hipotezę. Niewątpliwym potwierdzeniem przytoczonej hipotezy będzie na przykład znalezienie w danych warstwach szczątków kostnych fauny morskiej [47].

Sprawdzianem relacji przyczynowych są więc: eksperyment lub obserwacja, tłumaczenie faktów znanych oraz przewidywanie nowych zdarzeń.

B. KRYTYCYZM KANTA

Czysto psychologiczne wyniki analiz związków przyczynowych, do jakich doszedł Hume, nie tłumaczyły wyników nauk przyrodniczych [48]. Fakt istnienia przyrodoznawstwa Kant przyjął jako dany [49] i próbował tłumaczyć, jak jest ono możliwe. Głównym typem praw, jakim posługiwało się ówczesne przyrodoznawstwo, były prawa przyczynowe, zwane też dynamicznymi [50]. Problem praw statystycznych wyłonił się w zasadzie dopiero koło połowy XIX w. w związku z kinetyczno-molekularną teorią materii. Ponieważ prawa dynamiczne były potwierdzane doświadczalnie, zatem posiadały walor obiektywny. Proponowane przez Hume'a rozwiązanie problemu przyczynowości jest więc dla Kanta niezadowalające. Próbuje on rozwiązać go na płaszczyźnie filozofii okresu krytycznego (czyli po roku pierwszego wydania *Krytyki czystego rozumu* — 1781) [51].

---

47 Tamże s. 10-12.

48 R. Reininger. *Das Kausalproblem bei Hume und Kant.* „Kantstudien" 6:1901 s. 432.

49 *Krytyka czystego rozumu,* t. 1. Tum. R. Ingarden. Kraków 1957 s. 26.

50 S. Kamiński. *Pojęcie nauki i klasyfikacja nauk.* Lublin 1970 s. 90.

51 M. Wartenberg. *Sigwarts Theorie der Kausalität in Verhältnis zur Kantischen.* „Kantstudien" 5:1900 s. 6.

Kant dopatrywał się istoty przyczynowości w regularności czasowego następstwa zdarzeń (Vorgang). Tego rodzaju regularność domaga się uzasadnienia, które leży nie tyle po stronie przedmiotów (Objektiven), ile po stronie podmiotów poznania (Subiektiven) [52]. Ważne w tym względzie jest rozróżnienie sądów na spostrzeżeniowe (Wahrnehmungsurteile) i doświadczalne (Erfahrungsurteile). Pierwsze posiadają charakter subiektywny, drugie — obiektywny. Taki podział sądów jest dokonany ze względu na udział intelektu (Verstand) w tworzeniu wiedzy. Sądy doświadczalne, jako obiektywne, cechuje powszechność i konieczność, co jest zagwarantowane przez czyste pojęcia intelektu a priori [53]. Jednym z czystych pojęć intelektu a priori jest kategoria przyczyny [54]. Rolę, jaką pełni ta kategoria przy transformacji sądu spostrzeżeniowego w sąd doświadczalny, egzemplifikuje Kant przykładem. Kiedy stwierdzam, że kamień wystawiony na ogrzewanie słońca nagrzewa się, jest to sąd spostrzeżeniowy, ponieważ jest oparty jedynie na świadectwie zmysłów. Kiedy jednak powiem, że słońce ogrzewa kamień, wtedy do spostrzeżenia, jakie wyrażał poprzedni sąd, jest dołączone pojęcie intelektu, a mianowicie przyczyna. W ten sposób otrzymujemy sąd obiektywnie ważny, a zatem powszechny i konieczny [55]. Regularne następowanie po sobie wrażeń i wyobrażeń nie stanowi jeszcze o pojęciu przyczynowości. Szereg następujących po sobie spostrzeżeń ujmujemy w konieczne i przedmiotowe związki, kiedy do spostrzeżeń odniesiemy aprioryczną kategorię. Jeżeli na przykład spostrzeżenie promieniowania słońca oznaczyć przez A, zaś spostrzeżenie nagrzanego kamienia przez B, wtedy powiedzenie, że te zdarzenia pozostają do siebie w relacji przyczyny i skutku znaczy tyle, że B zawsze i koniecznie wystąpi po A. Skoro więc relacja pomiędzy A i B zostanie odniesiona do kategorii przyczynowości, wtedy czasowe następstwo członów tej relacji jest w sposób jednoznaczny określone [56]. Bez tej kategorii mielibyśmy do czynienia tylko z grą przedstawień [57], bez odniesienia przedmiotowego [58]. Podobnie jak powszechność i konieczność, tak i przedmiotowość relacji następstwa czasowego zdarzeń jest uwarunkowana odniesieniem następstwa do kategorii przyczynowości [59].

---

[52] J. Geyser. *Einige Hauptprobleme der Metaphysik*. Freiburg i Br 1923 s. 78.

[53] I. Kant. *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wisseneschaft wird auftreten Können*. Leipzig b. r. s. 77 n.

[54] Tenże. *Krytyka* s 172. [55] Tenże. *Prolegomena* s. 79.

[56] E. Cassirer. *Kants Leben und Lehre*. Berlin 1921 s. 198.

[57] Kant. *Krytyka* s. 360.

[58] Przedmioty w rozumieniu Kanta to bądź Ding an sich, które poznawczo są nieosiągalne, bądź przedmioty doświadczenia. Kategorie warunkują istnienie tego drugiego rodzaju przedmiotów.

[59] Kant. *Krytyka* s. 353.

O ile dla Kanta przyczynowość jest formą umysłu, o tyle dla Bohma obce jest pojmowanie przyczynowości, gdzie doświadczenie nawet genetycznie nie warunkuje pojęcia przyczynowości. Bohm z naciskiem podkreśla, że prawa przyczynowe — analizując zagadnienie przyczynowości mówi o nich najczęściej — nie są nam dane a priori, lecz są odkrywane w przyrodzie w oparciu o metody właściwe dla nauk przyrodniczych [60]. Nie jest więc zasadne przypuszczenie, że koncepcja przyczynowości reprezentowana przez Bohma posiada wspólne elementy z koncepcją kantowską. Podobne stwierdzenie dotyczy poglądu głoszącego, że zasada przyczynowości stanowi jedynie metodologiczną regułę badania naukowego.

C. UJĘCIE REGUŁOWE (FORMALNE)

Tę koncepcję przyczynowości prześledzimy na przykładzie pewnego rozumowania [61]. Punktem wyjścia tego rozumowania jest prawo grawitacji zastosowane do układu Ziemia-Słońce. Ciała te przyciągają się w kierunku łączącej je prostej siłami wprost proporcjonalnymi do ich mas i odwrotnie proporcjonalnymi do kwadratu odległości [62]. Teoretyczną orbitą Ziemi będzie wtedy elipsa. Środek masy rozważanego układu jest zlokalizowany w jednym z jej ognisk. Chwilowe położenia i prędkości Ziemi na orbicie dla różnych wartości t otrzymanych doświadczalnie różnią się od teoretycznych obliczeń do tego stopnia, że przekraczają miarę błędu, z jakim dokonujemy pomiarów. Rozbieżności między wynikami doświadczalnymi a danymi teoretycznymi nie negują teorii grawitacji. Perturbacje w ruchu orbitalnym Ziemi są spowodowane oddziaływaniami grawitacyjnymi ciał niebieskich spoza układu Ziemia-Słońce. Układ ten należy poszerzyć. Tego rodzaju zabieg znalazł zastosowanie w badaniach J. C. Adamsa i U. J. Leverriera nad wytłumaczeniem zakłóceń w ruchu orbitalnym Urana. Postulowali oni w tym celu występowanie w naszym układzie planetarnym nie znanej dotychczas planety, zidentyfikowanej następnie w sposób doświadczalny. Milczącą regułą, jaka kieruje taką procedurą, jest przyczynowość w wersji reguły badania naukowego [63]. Opiszemy ją słowami L. Silbersteina: „Whenever you come across an

[60] *Causity* s. 4.

[61] L. Silberstein. *Causality*. New York 1933; E. Cassirer. *Determinism and Indeterminism in modern Physics*. New Haven 1959 s. 29-73.

[62] Ponieważ bierzemy pod uwagę ciała, które dla uproszczenia uważamy za jednorodne kule, stąd bliższe określenie punktu, od którego należy liczyć odległość między Słońcem i Ziemią, nie jest potrzebne, ponieważ wiadomo, że wzajemne przyciąganie między cząstami kul jednorodnych jest takie, jak gdyby cała ich masa była zebrana w ich środkach.

[63] J. C. Maxwell. *Matter in Motion*. New York 1920 s. 13.

incomplete or disturbed system, try to the best of your ability to amplify it to one undisturbed whole, looking for the supplement first among things known, near and far. If the desired supplement is not found among them, search for it among things unkwnown" [64].

Jak widać, określenie to jest bardzo ogólne w tym sensie, że nie specyfikuje typu teorii fizykalnej, w której mogłoby być stosowane. Zasada przyczynowości jako reguła badania naukowego nie jest ani prawdziwa, ani fałszywa, prowadzi jedynie do fałszywych lub prawdziwych twierdzeń. Nie podlega ona empirycznemu rostrzyganiu w świecie faktów; takiemu zabiegowi podlegają bowiem jedynie twierdzenia teorii fizykalnej [65].

Bohm opowiada się nie tyle za regułowym ujęciem przyczynowości, ile za kierunkiem reprezentowanym w metodologii nauk przyrodniczych m. in. przez A. Marcha. Mówiąc o przyczynowości mamy na uwadze przede wszystkim twierdzenie, które może być prawdziwe bądź fałszywe, twierdzenie oparte na doświadczeniu, czyli twierdzenie empirycznie sprawdzalne [66].

D. AKAUZALIZM

Przedstawiciele drugiego pozytywizmu (R. Avenarius, E. Mach) dopuszczają w poznaniu naukowym jedynie czyste doświadczenie. Jest ono pozbawione wszelkich dodatków pochodzących od umysłu. Takie terminy, jak „przyczyna", „siła", nie są uprawomocnione w języku nauki. Jako antropomorfizmy powinny zostać z takiego języka wyeliminowane. Głównym zadaniem nauki jest skondensowany opis, w którym odpowiada się na pytanie, w jaki sposób i przy jakich warunkach zachodzą pewne zjawiska. Nauka nie tłumaczy zjawisk, czyli nie określa ich przyczyn [67]. Przeciwstawiając się przyczynowemu tłumaczeniu zjawisk w naukach przyrodniczych Mach postuluje zastąpienie związku przyczynowego pojęciem funkcji matematycznej. Związek przyczynowy oznacza dla Macha tylko tyle, że zjawiska pozostają do siebie w relacjach funkcjonal-

---

[64] *Causality* s. 71. Por. także Cassirer. *Determinism* s. 60, 65, 68; E. Nagel. *Logic without Metaphysics*. Glencoe 1956 s. 124; M. Schlick, *Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik*. „Die Naturwissenschaften" 19:1931 s. 156.

[65] T. Czeżowski. *Twierdzenia ogólne w teorii naukowej*. W: *Odczyty filozoficzne*. Toruń 1958 s. 105-111.

[66] A. March. *Das neue Denken der modernen Physik*. Hamburg 1957 s. 106, 129; Bohm. *Causality* s. 69 n.

[67] E. Mach. *Popular scientific Lectures*. Chicago 1898 s. 192 n. Tę myśl podejmują: O. Neurath (*Protokollsätze*. „Erkenntnis" 3:1933 s. 204-214; *Radikaler Physikalismus und wirkliche Welt*. Tamże 4:1934 s. 346-362) i E. W. Hobbson (*The domain of natural science*. London 1923 s. 81 n.).

nych. Wszystko inne poza związkiem funkcjonalnym jest dodatkiem umysłu [68]. Po linii wskazanej przez Macha idzie G. R. Kirchhoff, jak również niektórzy przedstawiciele indukcjonizmu, a także znany manifest Koła Wiedeńskiego [69].

B. Russell wydaje się podawać racje, dla których należy z języka nauki wyrugować pojęcie przyczyny. Oto zrekonstruowany tok wywodów Russella. Konieczne następstwa winna cechować bezwyjątkowość [70]. Jeżeli po A w sposób konieczny następuje B, to niezależnie od pozostałych okoliczności po A zawsze musi następować B. Poszukiwanie bezwyjątkowych następstw napotyka zasadnicze trudności, z których pierwsza dotyczy uwzględnienia stanu całego świata, następne zaś tego, że bezwyjątkowe następstwo zdarzeń zachodzi bardzo rzadko, stąd dla nauki jest ono mało interesujące. Ponadto bezwyjątkowość byłaby osiągalna tylko wówczas, gdyby przyczyna była styczna w czasie ze skutkiem. Pomiędzy przyczyną a skutkiem nie może być wolnego przedziału czasowego, w którym mógłby ingerować czynnik przeszkadzający wystąpieniu skutku po przyczynie. Zatem przyczyna i skutek nie mogą być zdarzeniami punktowymi, ponieważ pomiędzy dwoma punktami czasowego continuum może wystąpić ów czynnik zewnętrzny. Nie mogą to być również zjawiska trwające w czasie, wtedy bowiem albo się zmieniają, albo są niezmienne. Przy zmianach trwającego w czasie zjawiska w jego skład wchodzi szereg uporządkowanych czasowo części, tak że wcześniejsze fazy przyczyny nie są styczne ze skutkiem, a wtedy jest miejsce na ingerencję czynnika zewnętrznego. Gdy natomiast trwające w czasie zjawisko jest niezmienne (takie przyczyny w przyrodzie nie występują) to jak wytłumaczyć dlaczego skutek w ogóle występuje i dlaczego po ostatniej, a nie na przykład po pierwszej fazie przyczyny, skoro nie różnią się one niczym poza kolejnym występowaniem w czasie. Przyczyny należy więc z nauki wyrugować jako „[...] a relic of a bygone age, surviving only because it is erroneusly to do no harm” [71]. Na innym miejscu autor dodaje: „[...] in a sufficiently advanced science the word 'cause' will not occur in any statement of invariable laws” [72].

Mimo zapewnień Russella w naukach przyrodniczych, łącznie z fizyką, występuje pojęcie przyczynowości, praw przyczynowych. Bohm i sze-

---

68 G a w e c k i. *Zagadnienie* s. 179 n.

69 *Wissenschaftliche Weltanschauung in der Wiener Kreis*. Wien 1929 s. 23. Por. również: R. C a r n a p. *Physikalische Begriffsbildung*. Karlsruhe 1926 s. 53; Ph. F r a n k. *Le principe de causalité et ses limites*. Paris 1937 s. 144 nn.

70 *On the notion of Cause*. W: *Mysticism and Logic and other essays*. London 1918 s. 184-185, 188, 189.

71 Tamże s. 180.

72 T e n ż e. *Our knowledge of the external world*. London 1914 s. 223.

reg innych autorów podali niesprzeczne interpretacje mechaniki kwantowej, zwane interpretacjami przyczynowymi. Nauka nie rozwija się zatem po linii negowania problematyki przyczynowości.

E. UJĘCIE KLASYCZNE

Fenomenalistyczne ujęcie przyczynowości, rozwinięte głównie przez nowożytnych empirystów (J. Locke'a, Hume'a, Milla), których poprzednikami w tym względzie byli średniowieczni nominaliści [73], stwierdza, że przyczynowość jest jedynie regularnym, czasowo-przestrzennym następstwem zjawisk. Umysł nasz dokonuje — ich zdaniem — nieuzasadnionego przejścia od post hoc do propter hoc, a więc od faktu następstwa zjawisk do pojęcia przyczynowości. W ramach fenomenalistycznej koncepcji przyczynowości analizuje się to zagadnienie w płaszczyźnie zjawiskowej, a nie ontologicznej. Natomiast w filozofii klasycznej (arystotelesowsko-tomistycznej) problem przyczynowości, jako zasadniczy w tym systemie, jest problemem ontologicznym, czyli dotyczy rzeczy jako bytów, ich uwarunkowania i zależności [74]. Ujęcie przyczynowości na płaszczyźnie ontologicznej wyraża prawdę o zależności rzeczy powstającej od innego bytu jako swego źródła istnienia.

W ujęciu klasycznym wyróżnia się przyczynę materialną, formalną, sprawczą i celową. Podział ten jest uzasadniony dostrzeganiem w rzeczywistości takich właśnie najogólniejszych form zależności bytowej skutku od przyczyny.

W filozofii tradycyjnej przyczynowość należy do kręgu zagadnień metafizyki ogólnej. Niektórzy z neoscholastyków podają w ramach kosmologii filozoficznej bardziej szczegółowe pojęcie przyczyny. Przez przyczynę rozumie się wtedy pewną konkretną postać bytu uzdolnionego do ruchu fizycznego, która prowadzi do zaistnienia jakiejś innej postaci bytu [75]. Jest to określenie treściowo bogatsze w porównaniu z tym, jakie podaje metafizyka ogólna. Specyfikuje ono bliżej owo principium, które jest konkretną postacią bytu uzdolnionego do ruchu fizycznego. Elementem wspólnym obu określeń jest moment genezy bytowej powstającego skutku.

Klasyczne ujęcie przyczynowości jest w sposób istotny związane z trzonem tego systemu filozoficznego, jakim jest teoria aktu i możno-

---

[73] G. M. Manser. *Drei zweifler am Kausalprinzip im 14 Jahrhundert*. I, II. „Jahrbuch für Philosophie und spekulative Theologie" 27:1913 s. 291-305, 405-437.

[74] Tenże. *Das Wesen des Thomismus*. Freiburg 1949 s. 314.

[75] Ks. K. Kłósak. *Problem pochodzenia duszy ludzkiej*. „Znak" 13:1961 s. 1189. Aktualne kontrowersje w zakresie prolegomenów do filozofii przyrody zob. w: „Zeszyty Naukowe KUL" 3:1960 s. 16.

ści [76]. Chcemy przez to powiedzieć, że wszelkie stawanie się zakłada pewien podmiot, który do bytu, jaki powstanie w wyniku stawania się, ma się tak jak możność do aktu. Jeśli coś się staje, to już jest czymś realnym, jest bytem, jednak owo coś w momencie stawania się nie jest tym bytem, jaki zaistnieje po ukończeniu stawania się. Proces stawania się jest przejściem z realnej możności do aktu [77]. Możność nie dokona aktualizacji formy, bo jest w stosunku do tego aktu niebytem. Przejście z niebytu do bytu jest uwarunkowane bytem, który w procesie stawania się jest nazywany przyczyną. Ponieważ między bytem a niebytem zachodzi relacja sprzeczności, przyczyna, jako racja wystarczająca stawania się, uniesprzecznia ten proces. Doświadczenie ukazuje coraz nowe byty, zatem istnieją rzeczywiste przyczyny jako dostateczne racje tych bytów. Istnienie nowego bytu pochodzi od przyczyny jako bytu zewnętrznego. Przyczyny działają łącznie, nie można ich więc reizować; dopełniają się wzajemnie na sposób możności i aktu [78].

Przyczynowość w wersji Bohma jest zasadniczo odmienna od ujęcia przyczynowości w systemie filozofii klasycznej. Tę odrębność uzasadnia w głównej mierze okoliczność, że ujęcie Bohma znajduje się „poza" tym systemem filozoficznym. Gdyby więc pewne sformułowania występujące u Bohma były nawet równoznaczne ze zwrotami językowymi filozofii klasycznej, to będziemy mieli do czynienia z inną treścią odnośnych pojęć czy tez. Nie można bowiem sprowadzać języka filozofii tomistycznej do języka fizykalnego, którym przede wszystkim posługuje się Bohm.

Przyczynowość u Bohma wiąże się w logiczną całość z zagadnieniem przewidywania procesów oraz własności rzeczy znanych bądź jeszcze nie znanych, a także z zagadnieniem identyfikacji przedmiotów.

Na podstawie praw przyczynowych przewiduje się wyniki pewnych procesów, np. biologicznych (cykl rozwojowy zarodźca zimnicy — *Plasmodium vivax*, który wraz ze śliną komara dostaje się do krwi człowieka) czy geologicznych (karbonizacja organizmów zwierzęcych i roślinnych przy odpowiednich warunkach otoczenia). Prawa przyczynowe pełnią funkcję prognostyczną w odniesieniu do własności rzeczy. Wiedząc na przykład, że dana ciecz jest wodą naturalną, można od razu powiedzieć, jaka jest jej temperatura wrzenia, topnienia, przy jakiej temperaturze posiada największą gęstość, jaka jest stała i stopień dysocjacji itd. Prawa przyczynowe pozwalają również przewidywać własności rzeczy dotychczas nie znanych (np. zastosowanie prawa okresowości D. I. Mendeleje-

[76] M. A. Krąpiec. *Struktura bytu*. Lublin 1963 s. 22; Manser. *Das Wesen* s. 314.

[77] Krąpiec, jw. s. 42 n.

[78] Tenże. *Realizm ludzkiego poznania*. Poznań 1959 s. 211 n.; Manser. *Das Wesen* s. 341 n.

wa do określenia własności ekaglinu, ekaboru, ekakrzemu). Prawa przyczynowe służą następnie do identyfikacji rzeczy na podstawie własności, np. fizycznych i chemicznych. Egzemplifikacją takiej procedury mogą być analizy jakościowe przeprowadzane w chemii analitycznej, gdzie na podstawie takich danych, jak np. zmiany barwy, wytrącanie osadu, charakterystyczne barwienie płomienia, identyfikuje się składniki substancji chemicznej.

Przedstawiona charakterystyka praw przyczynowych eksponowała tę ideę przyczynowości, zgodnie z którą odtworzenie możliwie tych samych warunków prowadzi do odtworzenia tych samych procesów i własności rzeczy [79]. Należy też stwierdzić, że prawidłowości przyczynowe są nieodłącznymi aspektami rzeczy i nie są podobne do ustalanych przez odpowiednie „czynniki prawne" nakazów lub zakazów, które ograniczałyby bieg zdarzeń w przyrodzie [80].

Z tego, co wyżej powiedziano, wnosimy, że przyczynowość w ujęciu Bohma wiąże się nie tyle z wewnętrznym oddziaływaniem na powstanie istnienia czegoś, ile raczej z identyfikacją rzeczy, z przewidywaniem procesów i własności, co jednak nie znaczy, że przyczynowość można utożsamić z prognozowaniem. Inna jest też płaszczyzna tłumaczenia tych pojęć. O ile w filozofii klasycznej przyczyna i skutek są wyjaśniane w ramach teorii aktu i możności, o tyle Bohm dokonuje eksplikacji tych pojęć za pomocą warunku dostatecznego i koniecznego; natomiast prawa przyczynowe są wyjaśniane poprzez odpowiednie teorie fizykalne.

Odrębność powyższych koncepcji przyczynowości doprowadzi w końcu do zwrócenia uwagi na sposób dochodzenia do uświadomienia sobie idei przyczynowości. W filozofii tradycyjnej chodzi w tym wypadku o operację myślową zwaną epagoge, później zaś o indukcję [81]. Indukcja arystotelesowska niewiele ma wspólnego ze współczesnym rozumieniem indukcji. Wspólny jest tylko punkt wyjścia, w którym mamy do czynienia ze spostrzeżeniami. Punkt dojścia jest zgoła różny. Indukcja arystotelesowska prowadzi do powszechnych pojęć, idei, np. do idei przyczynowości, natomiast indukcja uwspółcześniona prowadzi do zdań ogólnych, np. do praw przyrody [82]. Bohm nie zna pierwszej odmiany indukcji i posługuje się jej uwspółcześnioną wersją.

II. PRZYCZYNOWOŚĆ W UJĘCIU FIZYKALNYM

To ujęcie przyczynowości występuje w różnych kontekstach. Mówi się więc o prawach przyczynowych, o fizykalnej zasadzie przyczynowo-

---

79 Bohm. *Causality* s. 13. 80 Tamże s. 14.
81 Manser. *Das Wesen* s. 333. 82 Krąpiec. *Realizm* s. 217.

ści, o wyjaśnianiu i przewidywaniu przyczynowym [83]. Przy weryfikacyjnej koncepcji znaczenia wyróżnia się przyczynowość manipulacyjną (gdy urzeczywistniamy zdarzenie A, zaobserwujemy zdarzenie B; gdy przeszkodzimy urzeczywistnieniu się zdarzenia A, zdarzenie B nie będzie miało miejsca), obserwacyjną (obserwując zachodzenie zdarzenia A zauważymy zachodzenie zdarzenia B) i postulowaną (jesteśmy zaskoczeni zdarzeniem B, jeśli nie zauważyliśmy zdarzenia A, co nie będzie miało miejsca, gdy przyzwyczaimy się do zachodzenia zdarzenia A) [84]. Odnośnie do pojęcia i zasady przyczynowości stwierdza się podobną sytuację, jaką I. Dąmska odnosi do praw nauki: „[...] niekiedy mówiąc o prawach ma się na myśli coś, czego należy szukać po stronie przedmiotów nauki [...] niekiedy natomiast uważa się prawa za składniki nauki. Często zaś ten sam autor posługuje się terminem prawo nauki w obydwu z wymienionych znaczeń promiscue" [85]. Uprawiając fizykę przy założeniach pozytywistycznych uważa się najczęściej zasadę przyczynowości za składnik teorii fizykalnej. Utrzymuje się też, że relacja między przyczyną a skutkiem jest relacją logiczną i nie odnosi się do rzeczywistego porządku fizycznego [86]. Natomiast fizycy o nastawieniu realistycznym odnoszą pojęcie przyczynowości do realnego porządku fizycznego.

Spośród tych różnych ujęć przyczynowości wyróżniamy dwa: prognostyczne i przedmiotowe. Jest to podyktowane kilku okolicznościami. Najpierw wzgląd na interpretacje mechaniki kwantowej. Interpretacja Bohma rozwija się po linii przedmiotowego ujęcia przyczynowości, natomiast interpretacja probabilistyczna mechaniki kwantowej jest kontynuacją prognostycznego charakteru przyczynowości, co prowadzi do jej zanegowania w mikrofizyce. Przedstawiciele przedmiotowego ujmowania przyczynowości nie negują jej waloru prognostycznego, tylko przed nieprawomocną identyfikacją tych dwu pojęć.

A. ASPEKT PROGNOSTYCZNY

Przeważająca większość fizyków i metodologów fizyki opowiada się za tym stanowiskiem. Jest ono usprawiedliwione głównie testyfikacyjną funkcją prognozowania w naukach przyrodniczych. Przewidywanie po-

---

[83] W. Stegmüller. *Einige Beitrage zum Problem der Teleologie und der Analyse von Systemen mit zielgerichteter Organisation.* „Synthese" 13:1961 s. 5; tenże. *Das Problem der Kausalität.* W: *Probleme der Wissenschaftsheorie.* Ed. E. Topitsch. Wien 1960 s. 171-190.

[84] A. Rapoport. *Operational Philosophy.* New York 1954 s. 57 nn.

[85] *O prawach w nauce.* Lwów 1933 s. 4.

[86] To stanowisko zaznacza się szczególnie wyraźnie u V. F. Lenzena (*Causality in natural science.* Springfield 1954).

zwala bowiem konfirmować hipotezy, a konsekwentnie wprowadzać nowe prawa do teorii przyrodniczych. Nie bez znaczenia jest również wpływ filozofii J. d'Alemberta i A. Comte'a na współczesne przyrodoznawstwo, co szczególnie uwydatnia się w poglądach szkoły kopenhaskiej.

Prognostyczne ujęcie przyczynowości sprowadza się do traktowania zasady przyczynowości jako zdania odnoszącego się do możliwości zrealizowania procedury poznawczej, która polega na ścisłej przewidywalności stanu układu na podstawie znajomości określonego stanu tego układu oraz odpowiednich praw [87]. Prognostyczną definicję pojęcia determinacji najdokładniej sformułowaną znajdujemy u M. Schlicka [88]. Jest ona wyrażona w tej formie, że zdanie (1) „Stan S_1 układu determinuje stan S_2 tego układu" jest równoznaczne ze zdaniem (2) „Jeżeli jest dokładnie znany stan S_1 oraz odpowiednie prawo różniczkowe L, to można wyliczyć stan S_2". Determinacja jest dla Schlicka niczym więcej, jak możliwością dokonywania kalkulacji, zaś przewidywanie (Prognostizierbarkeit) to tyle co przyczynowość (Kausalität) [89], stąd podana definicja stanowi również określenie pojęcia przyczynowości. Mówiąc o prawie przyczynowym Schlick utrzymuje, że koniecznym i wystarczającym warunkiem tego prawa jest umożliwienie przewidywania zjawisk. Zasadę przyczynowości sformułował jako nakaz poszukiwania praw wedle maksymy, że wszystkie zjawiska są w zasadzie do przewidzenia [90]. U innych przedstawicieli reprezentatywnych dla tego ujęcia przyczynowości spotykamy zazwyczaj mniej ścisłe określenia [91].

Logiczna struktura formuły (2) jest przez metodologów jednakowo

---

[87] Przez stan układu rozumiemy zespół danych doświadczalnych, które określają całkowicie własności rozpatrywanego układu materialnego oraz własności otoczenia, o ile wywiera ono wpływ na układ (por. Cz. Białobrzeski. *Podstawy poznawcze fizyki świata atomowego.* Warszawa 1956 s. 284). Zagadnienie stanu układu i zmiennych stanu analizuje obszernie Z. Augustynek (*Determinizm fizyczny.* „Studia Filozoficzne" 1962 nr 3 (30) s. 11-14).

[88] *Causality in everyday Life and in recent Science.* W: *Readings in the philosophical Analysis.* New York 1949 s. 525 n.

[89] G. Hennemann. *Zur Überwindung des Positivismus in der Physik.* „Philosophia Naturalis" 5:1959 s. 503-513.

[90] *Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik.* „Die Naturwissenschaften" 19:1931 s. 157.

[91] „The clarified (purified) concept of causation is defined in terms of predictibility according to law or, more adequately, according to set of laws" (H. Feigl. *Notes on Causality.* W: *Readings in the Philosophy of Science.* New York 1953 s. 408). Por. również: Frank, jw. s. 47, 200; H. Reichenbach. *Philosophic foundations of quantum Mechanics.* Los Angeles 1944 s. 2; K. R. Popper. *The open Society and its Enemies.* London 1945 s. 342; E. H. Hutten. *The Language of modern Phycisc.* London 1956 s. 222; F. S. C. Northrop. *The Logic of Sciences and the Humanities.* New York 1960 s. 210, 211, 219.

charakteryzowana. Gdy jest dana relacja R oraz jeden z członów (np. S_1), wtedy wnioskujemy dedukcyjnie o drugim jej członie (S_2). Wnioskowanie jest operacją intelektualną dokonywaną na zdaniach. Dokonajmy przeformułowania definiensa formuły (2) w następujący sposób: jeżeli dokładnie znamy stan układu S_1 oraz prawo L, to ze zdania Z_1, opisującego stan układu S_1, oraz prawa L można wywnioskować dedukcyjnie zdanie Z_2, które opisuje stan układu S_2. Wyprowadzenie zdań o jednych zjawiskach na podstawie praw i zdań o innych zjawiskach przyjęto nazywać przewidywaniem lub schematem przewidywania [92]. Przez relację R rozumie się zazwyczaj prawa przyrody. Zależnie więc od tego, jakie typy praw przyrody się wyróżni, takie będą typy przewidywania. Rzecz jednak w tym, że do dziś nie posiadamy ogólnie przyjętej klasyfikacji praw. Gdyby klasyfikowano prawa wedle dyscyplin, w których są one formułowane, wtedy przyjęto by założenie, iż pod względem logicznym są to twierdzenia niezróżnicowane. Przy takim upraszczającym założeniu pomija się cały szereg poznawczo interesujących aspektów zagadnienia, nawet wtedy gdy uznaje się iluzoryczność wyczerpującego przedstawienia tego problemu. To zastrzeżenie staje się zrozumiałe, gdy prześledzimy zastane w literaturze przedmiotu próby rozwiązania tego zagadnienia [93]. Rozpatruje się więc różne typy praw z punktu widzenia semantyki, logiki formalnej, teorii poznania i ontologii [94].

Nie wchodząc w szczegóły zagadnienia podziału czy klasyfikacji praw wskażemy jedynie na niektóre, bardziej reprezentatywne ich typy. Za Planckiem wyróżnia się najczęściej prawa dynamiczne i statystyczne. Pierwsze dotyczą procesów koniecznych (np. przepływ cieczy z poziomu wyższego na niższy), drugie — procesów prawdopodobnych (np. przepływ ciepła z ciała o wyższej temperaturze do ciał o niższej temperaturze) [95]. Mówi się też o prawach przyczynowych (dotyczą zdarzeń indywidualnych), statystycznych (odnoszą się do mas statystycznych) oraz

---

[92] Augustynek. *Determinism* s. 51; J. Metallmann. *Determinizm nauk przyrodniczych*. Kraków 1934 s. 3; Stegmüller. *Einige Beiträge* s. 8; P. J. O'Connor. *Determinism and Predictibility*. „Brit. Jour. Phi. Sci." 1957 Vol. 2 s. 312.

[93] N. Campbell. *What is Science*. Rozdz. 3. New York 1921; W. Kneale. *Probability and Induction*. Oxford 1952 rozdz. 16; H. Mehberg. *The Reach of Science*. Cz. 2. Rozdz. 2. Toronto 1958; M. Bunge. *Causality*. Rozdz. 10. Cambridge Mass. 1959 (tłum. pol. Warszawa 1968).

[94] M. Bunge. *Arten und Kriterien wissenschaftlicher Gesetze*. W: *Der Gesetzbegriff in der Philosophie und den Einzelwissenschaften*. Ed. G. Kröber. Berlin 1968 s. 117-146; S. Mazierski. *Elementy kosmologii filozoficznej i przyrodniczej*. Poznań 1972 s. 356 n.

[95] *Introduction in Theoretical Physics*. Vol. 5. London 1932 s. 225.

morfologicznych (stwierdzają koegzystencje cech) [96]. Niekiedy jako osobne typy praw wymienia się: zasady szczególnej teorii względności, zasady termodynamiki, zakaz Pauliego czy też zakaz występowania pewnych linii spektralnych w widmach atomów [97]. Bohm wyróżnia zasadniczo dwa typy praw, mianowicie przyczynowe (np. prawa ruchu Newtona) oraz statystyczne (np. prawa mechaniki kwantowej) [98].

Drugim, obok praw, elmentem schematu przewidywania jest znajomość stanu układu. Stan układu jest dany przez jego zmienne. Eksperymentalnie dane wartości zmiennych stanu są obarczone błędem pomiaru. Natomiast prawa ze względu na swój charakter schematyczny i aproksymatywny są prowizoryczne [99]. Zatem prognozy, czyli zdania o zjawiskach przewidywanych, są przybliżone.

Fizyków interesuje nie tyle sama treść pojęcia czy zasady przyczynowości, ile jej metodologiczny aspekt, wyrażający się w prognozowaniu, które stanowi dla fizyka najbardziej „uchwytną" charakterystykę przyczynowości. Stąd właśnie dla wielu wybitnych fizyków przyczynowość jest definiowana w terminach przewidywania [100]. To stanowisko nawiązuje do znanej formuły Laplace'a, w której dokonano ekstrapolacji modelu, jakim posługiwała się mechanika klasyczna, na cały świat materialny, traktowany jako układ punktów materialnych określonych parametrami mechanicznymi. W układzie tym obowiązują Newtona równania ruchu, które pozwalają przewidzieć w zasadzie dowolny stan tego układu przy znajomości pewnego chwilowego jego stanu.

Konsekwencją postawienia znaku równości pomiędzy pojęciem przyczynowości a pojęciem przewidywania jest najpierw zastąpienie pierwszego pojęcia przez pojęcie funkcji matematycznej. Dopóki bowiem chodzi tylko o wyznaczenie nowych stanów układu, wystarczy znać pewną zależność funkcjonalną oraz wartości zmiennych stanu w czasie *t*, by w najprostszym wypadku znaleźć odpowiednią wartość zmiennych dla do-

---

[96] J. Metallmann. *Elementy determinizmu przyczynowego*. Kraków 1928 s. 10 nn.

[97] Bunge. *Causality* s. 252 nn.

[98] *Quantum Theory*. New York 1951 s. 28, 150; *Causality* s. 22, 64.

[99] Mazierski. *Elementy* s. 353 nn.

[100] W. Heisenberg. *Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*. „Zeitschrift für Physik" 43:1927 s. 197; M. Born. *Quantenmechanik und Statistik*. „Die Naturwissenschaften" 17:1929 s. 117; Ph. Frank. *Was bedeuten die gegenwärtigen physikalischen Theorien für die allgemeine Erkenntnislehre*. Tamże s. 993; C. F. Weizsacker. *Zum Weltbild der Physik*. Stuttgart 1951 s. 73; A. Piekara. *Elektryczność i budowa materii*. Warszawa 1955 s. 661. Zwróćmy uwagę, że przy tego rodzaju ujęciach przyczynowości stan początkowy układu nazywa się przyczyną, a stan końcowy — skutkiem. To utożsamienie spotykamy już u F. Le Danteca, współcześnie u Poppera, Northropa.

wolnego *t*. Następnie, ponieważ zgodnie z zasadą nieoznaczoności w dziedzinie kwantowej nie można wyznaczyć z dowolną dokładnością chwilowego stanu układu, zatem pojęcie przyczynowości zawodzi w tej dziedzinie fizyki, czyli staje się bezprzedmiotowe [101]. Laplasowski ideał przewidywania jednoznacznego nie sprawdza się w fizyce kwantowej. W tej teorii zachowano jednak pewien schemat klasyczny, w ramach którego posługujemy się pojęciem stanu układu oraz odpowiednimi prawami. Elektron na przykład jest tego rodzaju układem, że jego stan opisuje funkcja falowa, spełniająca równanie E. Schrödingera. Zmodyfikowany opis stanu mikroukładów łącznie z odpowiednimi prawami tej teorii fizyki umożliwia prognozowanie i w tym dziale fizyki.

W związku z powyższą sytuacją w mikrofizyce należy zwrócić uwagę na pewną cechę kopenhaskiej interpretacji mechaniki kwantowej, którą W. Heisenberg formułuje w postaci tezy o konieczności posługiwania się pojęciami klasycznymi przy opisie układu pomiarowego, czyli tej części universum, która nie jest obiektem aktualnie badanym ani jego częścią [102]. Posługiwanie się tymi pojęciami warunkuje obserwacje zdarzeń atomowych. Heisenberg nie definiuje wprost zwrotu „pojęcie klasyczne". Są jednak podane niektóre jego desygnaty, jak przestrzeń, czas, energia, pęd. W fizyce klasycznej pierwsze i drugie pojęcie służyły do kinematycznego opisu układu materialnego. Pozostałe dwa pojęcia występowały w prawach dynamicznych fizyki klasycznej. Bohm zauważa — referując w tym względzie stanowisko Heisenberga [103] — że gdy te pojęcia występują w prawach teorii kwantowej, to posiadają takie znaczenie, jakie posiadały w fizyce klasycznej. Zgodnie z zasadą nieoznaczoności położenie i pęd układu są określane jedynie z ograniczoną dokładnością. Usprawiedliwieniem założenia o posługiwaniu się w fizyce pojęciami klasycznymi jest, według Heisenberga, ta okoliczność, iż pojęcia fizyki klasycznej są uściślonymi pojęciami zaczerpniętymi z języka potocznego i stanowią bazę dla języka każdej nauki przyrodniczej. Na współczesnym etapie rozwoju tychże nauk służą one do opisu eksperymentów. Dyskusja nad pojęciami, jakimi posługiwalibyśmy się przy innej strukturze psychofizycznej, jest dla Heisenberga jałowa [104]. Pojęcia fizyki klasycznej są więc nieodłącznie związane z poprawnym obserwowaniem i myśleniem.

Bohm kwestionuje takie stanowisko, proponując do opisu rzeczywistości fizycznej pojęcia topologiczne, które są pierwotne względem na przy-

[101] Heisenberg. *Über* s. 197; Born, jw. s. 117.

[102] Heisenberg. *Physics and Philosophy*. London 1959 s. 82 (tłum. pol. Warszawa 1965).

[103] *Classical and Non-Classical Concepts in the quantum Theory*. „Brit. Jour. Phi. Sci." 1961 Vol. 12 s, 271 n.

[104] Heisenberg. *Physics* s. 55.

kład współrzędnych kartezjańskich. Są one użyteczne m. in. przy dokonywaniu pomiarów. Dokonując na przykład pomiaru długości nie podajemy nieskończonej liczby miejsc po przecinku, ale wyznaczamy pewną wartość uśrednioną, zależnie od skali, jaką się posługujemy. Za pomocą pojęć topologicznych formułowało by się prawa jako relacje topologiczne, które też pełnią funkcję przewidywania [105]. Propozycja zastosowania w fizyce pojęć topologicznych podważa w pewnym sensie wysunięte wyżej założenie kopenhaskiej interpretacji kwantowej [106].

B. ASPEKT PRZEDMIOTOWY

Prognozowanie nie pełni roli definicyjnej w stosunku do przyczynowości, ale stanowi jej kryterium (Planck, M. Bunge) [107]. Utożsamienie tych pojęć nie jest usprawiedliwione chociażby dlatego, że prognoz dokonujemy nie tylko w oparciu o prawa przyczynowe.

Testyfikacyjną funkcję przewidywania akceptują przedstawiciele tego stanowiska, przeciwstawiają się wszakże pozytywistycznej manierze sprowadzania przyczynowości do prognozowania [108]. O ile zastąpienie relacji przyczynowych związkami funkcjonalnymi uznaje się czasem w fizyce teoretycznej, o tyle w fizyce eksperymentalnej, cybernetyce, naukach technicznych taka zamienność nie uchodzi za słuszną [109].

Przedstawiciele prezentowanego ujęcia przyczynowości uważają przewidywanie za pewną procedurę poznawczą [110], zaś związek przyczynowy za posiadający charakter przedmiotowy, realny. Członami takiego związku są obiektywne zdarzenia, które zachodzą niezależnie od podmiotu poznającego, w szczególności zaś nie są uwarunkowane aktywnością poznawczą podmiotu [111]. Związki przyczynowe dotyczą więc rzeczy obiektywnego świata, a nie tylko naszej wiedzy o tych obiektach [112]. Obok

---

[105] Bohm. *Classical* s. 275-279.

[106] Heisenberg. *Physics* s. 46.

[107] M. Planck. *The Philosophy of Physics*. New York 1936 s. 56 n., 64; tenże. *Pojęcie przyczyny w fizyce*. W: *Zagadnienia współczesnej nauki*. Tłum. E. Poznański. Warszawa 1933 s. 28-30; Bunge. *Causality* s. 71-73, 327, 331 n.

[108] Bohm. *Causality* s. 13, 14, 35 n., 42, 141; tenże. *Quantum* s. 26, 28; tenże. *On the relationship Between methodology in Scientific research and the content of scientific knowledge*. „Brit. Jour. Phi. Sci." 12:1961 s. 109. Por. również: H. Margenau. *The Nature of physical Reality*. New York 1950 s. 405-409; H. Margenau, R. B. Lindsay. *Foundations of Physics*. New York 1956 s. 19.

[109] P. G. Morrison. *On partial identity of cause and Effect*. „Brit. Jour. Phi. Sci." 11:1960 s. 41; Gawecki. *Zagadnienie* s. 106-108.

[110] Bohm. *Classical* s. 276. [111] Planck. *Pojęcie* s. 46.

[112] Z. Zawirski. *Przyczynowość a stosunek funkcjonalny*. Warszawa 1912 s. 51, 65; B. Bavink. *Die Hauptfragen der heutigen Naturphilosophie*. Berlin 1928 s. 107; Planck. *Pojęcie* s. 28, 31, 40.

schematu przewidywania przyczynowość wyraża również pewną cechę przyrody określoną w zdaniu, iż w jednakowych warunkach zachodzą stale jednakowe zdarzenia [113]. Te dwa elementy łącznie stanowią o przyczynowości fizykalnej.

Zwróćmy uwagę na pewne rozróżnienie terminologiczne między „uwarunkowaniem przyczynowym" (causation) a „przyczynowością" (causality). Pierwsze jest realizowane „po stronie" przedmiotów fizycznych, niezależnie od naszego poznania, drugie natomiast dotyczy pojęciowego ujęcia uwarunkowania przyczynowego [114]. Trzeba więc stwierdzić, że co innego mamy na uwadze mówiąc o prawidłowościach przyrody istniejących niezależnie od poznania, a co innego, gdy wyrażamy te prawidłowości w formułach językowych, które są zmienne. Już A. M. Ampère zwracał uwagę, że należy odróżnić pojęcie relacji od samej relacji, jaka istniała, zanim została stwierdzona w badaniu naukowym. Czym innym są więc same prawidłowości jako elementy strukturalne świata materialnego, a czym innym ich aproksymatywne rekonstrukcje językowe, budowane w metodycznie poprawnej procedurze naukotwórczej [115].

Pojęcie przyczynowości wyraża dynamiczną zależność zjawisk przyrody, jaką wiążemy z pojęciem wzajemnego oddziaływania, któremu towarzyszy przestrzenno-czasowy transport energii [116]. W tym sensie mówimy, że stan układu w chwili t prowadzi do stanu układu w chwili t_1. Zależność dynamiczna zakłada pojęcie siły, jako wielkości wyrażającej wpływ ciał otaczających na zmianę pędu danego ciała. W fizyce klasycznej zaznaczała się tendencja do charakteryzowania dynamicznej zależności między układami za pomocą pojęcia energii jako wielkości będącej miarą zdolności danego układu do wykonania pracy mechanicznej [117].

Przedstawimy obecnie racje, dla których zaszeregowano koncepcję Bohma do przedmiotowego ujęcia przyczynowości fizykalnej.

Prawa przyrody, obejmujące prawa przyczynowe, prawa przypadku oraz prawa wiążące obie te klasy, przedstawiają przyrodę za pomocą skończonego układu pojęć [118]. Stanowią one pojęciową rekonstrukcję

---

[113] Metallmann. *Determinizm* s. 62, 65 n., 131; W. Krajewski. *Problem kategorii ontologicznych przyczyny i skutku.* „Studia Filoz." 5:1961 s. 3 nn.

[114] J. O. Wisdom. *Causation and the foundations of science.* Paris 1946 s. 4.

[115] Bunge. *Causality* s. 251; Dąmbska, jw. s. 4; M. Smoluchowski. *Poradnik dla samouków.* Warszawa 1917 s. 8, 45 n.; *Pisma.* T. 3. Kraków 1928 s. 158. Stanowisko przeciwstawne reprezentują: Carnap (jw. s. 49), R. B. Braithwaite (*Scientific Explanation.* Cambridge 1953 s. 339) i Hutten (*The Language* s. 222).

[116] Białobrzeski, jw. s. 283, 284 n.; S. Mazierski. *Determinizm i indeterminizm w aspekcie fizykalnym i filozoficznym.* Lublin 1961 s. 29-31.

[117] Białobrzeski, jw. s. 293; Bohm. *Quantum* s. 153.

[118] Bohm. *Causality* s. 3, 166.

obiektywnych zależności, przy czym ich struktura jest konsekwencją obiektywnego stanu rzeczy, a nie naszego sposobu myślenia o rzeczach [119]. Prawa przyczynowe reprezentują obiektywne i konieczne związki przyczynowe i łącznie z prawami przypadku określają faktyczny rozwój rzeczy [120]. Gdy badamy pewien układ izolowany i stwierdzamy zachodzenie stałych zależności między wielkościami charakteryzującymi ten układ, wtedy nie możemy interpretować tej stałości zbiegiem okoliczności, lecz należy ją traktować jako konieczność tkwiącą w naturze rzeczy. Konieczne związki są przejawem praw przyczynowych, które odkrywamy w przyrodzie [121]. Konieczne związki przyczynowe, czyli związki, które nie mogą być inne, ponieważ są istotnymi i nieodłącznymi cechami rzeczy, przejawiają się w postaci regularności zjawisk danych doświadczalnie [122].

Prawa przyczynowe — według Bohma — są, jako element teorii fizykalnej, zdaniami orzekającymi o obiektywnych relacjach przyczynowych. W pojęciu przyczynowości jest zawarta idea, według której zmiany zachodzące w teraźniejszości wystąpią i w przyszłości, jeśli odtworzymy podobne warunki. Mamy więc do czynienia z twierdzeniem o ustroju przyrody jako integralnym elementem przyczynowości. Członami relacji przyczynowej są zdarzenia, przedmioty obiektywne [123]. Dynamiczna zależność zjawisk zakłada w materii czynniki przyczynowe, którymi w mechanice klasycznej były siły działające między materialnymi punktami układu. Ruch takich punktów jest okeślony prawami ruchu Newtona, które stwierdzają: "that each particle tends to move uniformaly in a straight line, except insofar as it i-s disturbed by forces producing proporcionate accelerations. Forces may, therefore, be regarded as the causes of changes of velocity" [124].

*

Przedstawiona charakterystyka przyczynowości u Bohma nie wypadła może zbyt wyraźnie. Nie zostały bowiem wyłuszczone wszystkie elementy treściowe tej koncepcji, stąd też jej zaszeregowanie wydaje się zbyt sztuczne. Naturalnym dopełnieniem przeprowadzonych analiz będzie prześledzenie zagadnienia stosunku tej koncepcji do determinizmu oraz do sposobu jej realizacji w podanej przez Bohma interpretacji mechaniki kwantowej. Te zagadnienia zostały osobno rozważone w dwu odrębnych artykułach (Z. Hajduk. *Współczesne interpretacje mechaniki kwan-*

---

[119] Tamże s. 31.

[120] Tamże s. 17, 28. [121] Tamże s. 4, 29. [122] Tamże s. 1, 4.

[123] Tamże s. 30, 13. Por.: „[...] we use the word thing in general sense, so that it represents anything (e.g. objects, entities, qualities, properties, levels, systems)" (tamże s. 145).

[124] Bohm. *Quantum* s. 155 n.

towej. „Roczniki Filozoficzne" 13: 1965 z. 3 s. 55-74; tenże. *D. Bohma determinizm wobec niektórych współczesnych ujęć tego zagadnienia.* Tamże 14: 1966 z. 3 s. 75-91). Podamy w sposób skrótowy ich problematykę.

Determinizm Bohma jest uwarunkowany pewnymi hipotezami kosmologicznymi, których treść informuje o strukturze świata materialnego. Pierwsza z tych hipotez mówi o jakościowej nieskończoności przyrody, uorganizowanej w pewne poziomy. Treścią drugiej natomiast jest wzajemna zależność i względna autonomia różnych poziomów. Na tle takiego obrazu świata materialnego dokonuje się specyfikacji praw na przyczynowe i statystyczne, charakteryzujące poziomy rzeczywistości. Wyróżnione typy praw nie są do siebie sprowadzalne. Stanowisko przeciwne jest określane mianem mechanicyzmu. W sprawie stosunku przyczynowości do determinizmu Bohm zajmuje stanowisko reprezentowane m. in. przez J. Metallmanna i Bungego. Streszcza się ono w tezie: istnieją różne rodzaje praw przyrody. Pojęcia przyczynowości nie należy utożsamiać z pojęciem determinizmu, ponieważ równie dobrze można mówić o determinizmie przyczynowym, jak i statystycznym, zależnie od tego, jakie wyróżnimy rodzaje praw. Każdy nowy rodzaj praw stanowi istotne wzbogacenie determinizmu.

Przyczynową interpretację Bohma streścimy w kilku punktach. 1° Funkcja falowa reprezentuje realne pole fizyczne i nie jest tylko matematycznym symbolem. 2° Obok realnego pola fizycznego zakłada się istnienie cząstek, których stan jest zawsze dokładnie określony przez współrzędne położenia oraz składowe pędu. 3° Składowe prędkości cząstek są dane $v_x = \frac{1}{m}\frac{\partial \varsigma}{\partial x}$, gdzie *m* jest masą cząstki, S jest fazą, jaką otrzymamy pisząc funkcję falową jako: $\psi = R\, e^{i\varsigma/\hbar}$, gdzie R oraz S są rzeczywiste. 4° Na cząstkę działa nie tylko potencjał klasyczny (V), ale i potencjał kwantowomechaniczny (U). 5° role znajduje się w stanie szybkich i przypadkowych fluktuacji, pochodzących z poziomu subkwantowego w podobny sposób, w jaki fluktuacje cząstki w ruchu Browna pochodzą z poziomu atomowego. Równanie Schrödingera określa przeciętne zachowanie się pola ψ.

Zaznaczmy jeszcze, że współcześnie wyróżnia się zasadniczo dwie grupy interpretacji mechaniki kwantowej: interpretację probabilistyczną oraz interpretacje przyczynowe. Pierwsza występuje najczęściej w postaci wprowadzonej przez szkołę kopenhaską. Druga obejmuje interpretacje alternatywne w stosunku do interpretacji probabilistycznej. Elementem wspólnym dla tej grupy interpretacji jest to, że zakładają pojęcie rzeczywistości fizycznej, jakim posługiwano się w fizyce klasycznej. Tutaj zaś mamy do czynienia z ideą obiektywnego świata fizyczne-

go, którego nawet najmniejsze elementy istnieją niezależnie od aktu obserwacji.

Wprawdzie sformułowano już cały szereg interpretacji przyczynowych, ale żadna z nich nie objęła wszystkich działów mikrofizyki. Poważne braki interpretacji probabilistycznej, wykryte przez autorów interpretacji alternatywnych, jak również pewien kryzys, jaki daje się zaobserwować w kwantowej teorii pola, stanowią racjonalne uzasadnienie samej koncepcji tego rodzaju prób. Za ich główne zadanie uważa się to, by stały się punktem wyjścia dla teorii, które pozwoliłyby wyjść poza rezultaty osiągane w ramach zwyczajnej interpretacji mechaniki kwantowej. W ten sposób należy też traktować interpretację Bohma.

THE PHILOSOPHICAL AND PHYSICAL ASPECTS OF CAUSALITY IN D. BOHM

Summary

The author attempts to answer the question concerning the connection between Bohm's conception of causality and those of others. The discrimination of distinct positions both philosophical and physical is done in the aspect of agreement and disagreement points. Out of the philosophical positions the following are taken into consideration: Hume and Mill's empiricism. Kant's criticism, acausalism and the rule and classical positions. Out of physical notions of causality: the predictive and objective notions are discussed. This division has several reasons. The first deals with the interpretation of quantum mechanics. Bohm's interpretation goes along the line of objective notion of causality. The probabilistic interpretation of quantum mechanics is, instead, a certain realisation of the predictive character of causality, which leads to its negation in microphysics. The exponents of the objective facet (to whom Bohm's also belongs not denying the predictive value of causality, only refuse to occept the unverified identification of both these notions.